

La sinergia: ¿cuáles son los principios básicos de la auto-organización en la naturaleza?

1. ¿Qué es la sinergia?

Cuando miramos el mundo en que vivimos, pronto nos damos cuenta de que está compuesto por una gran variedad de estructuras, como casas, coches, muebles, etc. Estas estructuras han sido diseñadas por el hombre y producidas por él. Pero hay numerosas estructuras que no han sido producidas por las ideas o el trabajo del hombre, sino más bien independientemente. El mundo animado está lleno de estas «estructuras» en forma de plantas o animales. Se producen por autoorganización, para usar una terminología actual. La meta central de la sinergia se puede ilustrar muy bien con la biología. Todos sus organismos constan de un gran número de componentes. Un animal superior tiene billones de células individuales. Pero estas células cooperan de manera muy organizada para producir, por ejemplo, locomoción, respiración, circulación sanguínea, etc. En un nivel más alto, miríadas de neuronas del cerebro cooperan para producir percepción, movimientos, coordinación, etc. En un nivel todavía más alto, en los humanos, la cooperación de neuronas es la base de nuestros pensamientos y nuestra habla.

¿Cuáles son los principios subyacentes a estos efectos altamente cooperativos? Sorprende que los principios básicos de la autoorganización se puedan encontrar ya en el mundo inanimado, en la física y la química. En estos campos, las estructuras se pueden formar espontáneamente por autoorganización, siempre que estemos tratando los llamados sistemas abiertos. Éstos son sistemas cuyo estado se mantiene por un flujo continuo de energía o materia que les entra. Daremos un ejemplo más adelante. Los principios que se pueden determinar de estos ejemplos, por ejemplo láseres o líquidos, se pueden volver a encontrar en importantes procesos del mundo orgánico. Como último paso, en el sentido de la biónica, se podría intentar aplicar estos principios a la tecnología.

2. El paradigma del láser

Comencemos con un ejemplo de principios generales del campo de la física, el de la fuente de luz láser.

Un ejemplo sencillo del láser es el láser de gas. Se llena un tubo de vidrio de un gas que se compone de átomos (fig. 1). Se montan dos espejos en los extremos del tubo de vidrio, que sirven para reflejar las ondas de luz que corren en dirección axial para que interactúen repetidamente con los átomos del gas. Una corriente eléctrica que se hace pasar por el gas energiza los átomos individuales. Después de una energización, un átomo individual actúa como una antena de radio miniatura que emite una onda de luz (en lugar de una onda de radio). Si la corriente eléctrica es débil, sólo energiza un pequeño porcentaje de los átomos. Cada uno de ellos emite una onda individual que se puede imaginar como una onda de agua causada por una piedra que tiramos al agua. Cuando se energizan varios átomos, es como si tirásemos un puñado de piedras al agua y surge una superficie extraordinariamente agitada (fig. 2a). Sin embargo, cuando incrementamos la corriente, se energizan más y más átomos. De repente tenemos un nuevo fenómeno: en lugar de las muchas ondas independientes, surge una onda gigante prácticamente continua (fig. 2b). Esto es, el caos microscópico de la emisión original de luz es sustituida por un orden macroscópico. ¿Cómo se produce esto? Como demostró Einstein a principios de siglo, un átomo energizado puede no sólo emitir espontáneamente una onda, sino también verse obligado por una onda que incide sobre él a dar su energía a esta onda, de tal modo que la segunda se refuerza. Cuando varios átomos energizados son arrastrados por una onda, es evidente que generará una avalancha de luz. Sin embargo, se ha de considerar un punto sutil. Esto es, siempre hay una onda particular que es más eficiente que otras para obligar a un átomo a fortalecer su potencia. Así, hay una competencia entre diversas avalanchas, y gana una onda ampliada específica. Aquí opera una especie de darwinismo del mundo inanimado.

Ahora aparecen los conceptos centrales de la sinergia. Una vez que ha ganado una onda, ésta obliga a todos los átomos a darle sus energías. Al mismo tiempo, los electrones de los átomos son obligados a oscilar de forma altamente ordenada, prescrita por la onda de luz que emerge. Así, la onda de luz que se desarrolla describe tanto el orden del sistema como también da órdenes a los átomos individuales, o sea a las partes

individuales. Por eso llamamos a esta cantidad el *parámetro de orden*. Al mismo tiempo, nos damos cuenta de la existencia de una *causalidad circular* (fig. 3). El parámetro de orden «esclaviza» los átomos individuales, mientras que los átomos individuales apoyan el parámetro de orden. El comportamiento de uno condiciona al otro. Si perturbamos el parámetro de orden *onda de luz*, puede regresar a su estado anterior, pero sólo después de un período de tiempo bastante largo. Los subsistemas, o sea los átomos, por otro lado se relajan muy rápidamente después de cualquier perturbación. Así, los parámetros de orden y los subsistemas esclavizados se distinguen por las *escalas de tiempo diversas* de sus ajustes individuales. Éste será un criterio para aplicar los conceptos de parámetro y de esclavitud.

Como revela la teoría matemática, la transición del estado microscópico al estado altamente ordenado de la luz láser se puede describir de la forma siguiente: el parámetro de orden se comporta como una pelota que se mueve en un paisaje. Si la corriente eléctrica es suficientemente pequeña, el paisaje tendrá la forma que se ve en la figura 4. Después de cada emisión de una onda de luz, la pelota se relajará hacia su valor de equilibrio, o sea el parámetro de orden se relaja hasta cero y sólo muestra fluctuaciones alrededor de su valor cero. Sin embargo, cuando la corriente excede un valor crítico, el paisaje se deforma y queda como el de la figura 5, que parece tener dos mínimos. (En realidad, en el caso del láser, la situación es todavía más complicada, pero para nuestros propósitos será suficiente para tratar el caso.) Es evidente que el valor «cero» anterior del parámetro de orden se ha vuelto inestable y es sustituido por dos nuevos puntos estables de equilibrio al fondo de los valles. Es evidente que el sistema sólo puede ir a uno de los dos valles, eso es, tiene que *romper la simetría*. Ahora surge un punto muy importante pero muy sutil, o sea: ¿qué es lo que causa que el sistema se vaya a un valle u otro? Esto se lleva a cabo por una emisión inicial espontánea de una onda, que, de acuerdo con la teoría cuántica, no se puede predecir. Así, un acontecimiento al azar en el nivel microscópico determina el curso que tomará el sistema a nivel macroscópico.

Hay otro concepto de fundamental importancia: cuando la corriente se incrementa desde abajo hasta por encima de su nivel crítico, la curva de la figura 4 se hace muy plana cerca del punto de equilibrio. La pelota, sin embargo, todavía está sujeta a fluctuaciones. Como la fuerza de restauración es extremadamente

pequeña en un potencial tan plano, la pelota sentirá fuertemente las fluctuaciones a que se halla sometida. Su amplitud oscilará con fuerza; así, estamos tratando las llamadas *fluctuaciones críticas*. Cuando la pelota es empujada de su punto de equilibrio, por la fuerza tan pequeña de restauración se relajará muy lentamente a su valor de equilibrio. A este fenómeno se le llama *desaceleración crítica*.

Si la corriente se incrementa más y más, la onda de luz, antes establecida y ordenada, puede hacerse inestable y puede ser sustituida por otros fenómenos, es decir por relámpagos regulares de luz, o el llamado caos determinístico. En estos casos, tienen lugar no tan sólo uno, sino más bien varios parámetros de orden y su interacción determina el comportamiento total del láser. Este ejemplo nos permite formular los resultados de una teoría matemática abstracta sobre los sistemas de autoorganización de la forma siguiente: un cambio de condiciones bastante inespecíficas, como en el caso del láser la potencia de la corriente eléctrica, puede causar que el sistema experimente un cambio de calidad a escala macroscópica. En términos técnicos, el estado anterior, v.g. el estado microscópico caótico, se vuelve inestable y es sustituido por un estado nuevo: en este caso, el estado de luz láser. En el punto de inestabilidad, hay uno o varios parámetros de orden, que esclavizan las partes individuales del sistema y así crean una estructura específica dentro del sistema. En los puntos de inestabilidad, el sistema en general tiene la opción de varias posibilidades; cuál es la que se lleva a cabo depende de fluctuaciones microscópicas. Estos conceptos y las correspondientes herramientas matemáticas se han aplicado para explicar o predecir una variedad de fenómenos en la física como la formación de estructuras en los fluidos.

3. La formación de patrones en los fluidos

En condiciones especiales, los fluidos pueden producir una variedad de patrones espaciales o espacio-temporales. Un ejemplo famoso es la inestabilidad Bénard, en que el fluido dentro de un vehículo circular calentado desde abajo puede formar espontáneamente células hexagonales (fig. 6). Más recientemente, se ha encontrado que se formarán espirales en el fluido si además se calientan las paredes del vehículo (fig. 7). Se pueden formar una variedad de patrones en líquidos y gases en geometrías esféricas, como se demuestra en los mode-

los macroscópicos de la atmósfera terrestre y de la de otros planetas. Un modelo de cálculo se muestra en la figura 8. En todos estos casos coincide que los patrones son gobernados por la cooperación o la competencia de parámetros de orden específicos.

4. La biología: morfogénesis

Hagamos ahora un gran salto hacia el mundo animado, es decir, a la morfogénesis. Aquí ha sido de extraordinaria importancia una idea de Turing. Es una pregunta fundamental en biología: ¿cómo reciben las células la información sobre cómo tienen que diferenciarse? Existen experimentos que demuestran claramente que esta información no puede estar almacenada tan sólo en el código genético. Por ejemplo, la hidra, un pequeño animal marino que tiene cabeza y pie: si se corta por la mitad, en la región de la cabeza crecerá un pie, y en la región del pie crecerá una cabeza. En ambos casos, el pie o la cabeza nuevos salen de la misma región previa, es decir, las células no podían saber previamente que tipo de órgano habría de desarrollarse. Así, debían haber recibido la información desde su posición relativa local. Turing observó un modelo sencillo de dos células en que coincide el mismo metabolismo. Sin embargo, cuando introdujo un acoplamiento para el intercambio de moléculas, —entonces en condiciones específicas— una pequeña fluctuación de la concentración de las moléculas haría que las dos células se desarrollaran de manera diferente: en una célula, por ejemplo, la concentración de moléculas específicas se incrementará, y en la otra disminuirá. Si suponemos que la concentración creciente es lo que eventualmente enciende los genes, tendremos un modelo de diferenciación celular. Estas ideas las desarrollaron todavía más Gierer y Meinhardt, quienes formularon ecuaciones de reacción-difusión de moléculas activadoras e inhibidoras para explicar la polaridad «pie-cabeza» que se lleva a cabo en un óvulo fertilizado. Con sus ecuaciones básicas, y además el concepto del parámetro de orden, por primera vez se podía demostrar que de esta manera se pueden explicar los patrones de rayas, por ejemplo, en cebras o peces (fig. 9) o los patrones circulares en alas de mariposas. Todas estas estructuras se forman por la cooperación o la competencia de los parámetros de orden.

5. La biología: el paradigma del movimiento de dedos

Los humanos y los animales superiores están compuestos de billones de células de varios tipos, como células de músculos, células nerviosas, células de tejido, etc. Tienen que cooperar de forma altamente organizada para producir la morfogénesis, la locomoción, los movimientos, el tacto, el latido del corazón y la circulación de la sangre, entre otros. Es evidente que esta cooperación altamente organizada también tiene que llevarse a cabo en el nivel de cognición. ¿Cuáles son los principios que son la base de la alta coordinación? Un experimento de Scott Kelso puede servir como paradigma fundamental. Hace unos años, Scott Kelso me visitó y me explicó el siguiente experimento: pidió a personas en pruebas que moviesen los dedos en paralelo y después les pidió que aceleraran los movimientos. De repente, el movimiento de los dedos cambió de manera completamente involuntaria desde el movimiento paralelo al antiparalelo, es decir, a la configuración simétrica (fig. 10). Es evidente que lo que pasa aquí es un cambio de calidad del comportamiento de un sistema en un nivel macroscópico.

¿Podemos aplicar los conceptos de la sinergia a este experimento y podemos modelar sus rasgos? Es evidente que la posición relativa de los dedos, o, en lenguaje más técnico, la fase relativa entre los dedos oscilantes, sugiere que es el parámetro de orden adecuado. En el caso sencillo de un parámetro de orden único, se puede intentar construir un paisaje que describa sus movimientos. Este paisaje puede ser diseñado fácilmente con razones sencillas que no repetiré aquí. El paisaje tendría la forma que se muestra en la figura 11 y tiene una serie de pequeñas deformaciones desde la izquierda superior hacia la derecha inferior cuando la velocidad del movimiento de los dedos se incrementa. Desde el punto de vista de calidad, ya se pueden hacer una cantidad de predicciones. Esto es, cuando se llega a la situación del renglón medio a la derecha de la figura 11, la posición que corresponde al movimiento paralelo de los dedos se vuelve inestable; la pelota caerá al mínimo absoluto y se quedará allí. Esto corresponde al movimiento simétrico de los dedos. Si una persona mueve los dedos rápidamente de manera simétrica y se le pide que desacelere el movimiento, la pelota se quedará, claro está, en el mínimo absoluto. Esta predicción podría ser fácilmente verificada por Kelso. Éste es el efecto de histéresis, bien conocido en física.

En este caso el estado del sistema depende de su historia pasada. Por ejemplo, si un ferromán está sujeto a un campo magnético externo, la imantación puede hacerse paralela al campo magnético en una fuerza específica de campo. Si invertimos el campo, la imantación vuelve a cambiar, pero con una fuerza de campo diferente a la anterior. Dicho de otra manera, el ferromán retiene un tipo de memoria de lo que le había pasado anteriormente.

Como hemos visto en la sección 2, se han de esperar fluctuaciones críticas y desaceleraciones críticas cerca del punto de inestabilidad. Kelso pudo demostrar con medidas precisas que la fase relativa tiene fluctuaciones pronunciadas en la región de transición, y que también se pueden dar fenómenos de desaceleración crítica cuando se perturba el movimiento de los dedos. Muchas veces se ha sostenido que nuestro cerebro es un ordenador que maneja los movimientos de nuestras extremidades y las otras funciones por medio de programas específicos. El panorama que intentamos dibujar aquí es, sin embargo, bastante diferente. Implica que un sistema biológico es uno de autoorganización cuando coordina los movimientos de sus extremidades. La idea de un programa de ordenador no podría explicar cómo surgen las fluctuaciones críticas ni la desaceleración crítica. Más bien estos rasgos son típicos de sistemas de autoorganización. Una gran variedad de experimentos que se llevan a cabo actualmente demuestran que esta interpretación de la coordinación biológica es válida en muchos casos.

6. El reconocimiento de patrones por los humanos y las máquinas

Para ilustrar el amplio panorama de la sinergia, consideremos el problema de reconocimiento de patrones por los humanos y las máquinas. Nuestra aproximación al reconocimiento de patrones se basa en tres ingredientes básicos: en primer lugar, y de acuerdo con una creencia muy aceptada, identificamos el reconocimiento de patrones con la acción de una memoria asociativa. Un ejemplo de memoria asociativa sería una lista telefónica. Si buscamos, por ejemplo, el nombre de Adam Miller, la lista telefónica nos dice, además del nombre, el número de teléfono. Así, la memoria asociativa nos sirve para completar un grupo de datos. El segundo ingrediente de nuestra aproximación es la suposición de que la memoria asociativa se lleva a cabo

por medio de una dinámica de parámetro de orden dentro de un paisaje análogo al de la figura 5, donde, sin embargo, tenemos que manejar muchos valles. El tercero y más esencial de los ingredientes de nuestra aproximación es la idea de que el reconocimiento de patrones no es nada más que la formación de patrones (fig. 12). Consideremos, pues, un ejemplo sencillo de la dinámica de los fluidos (fig. 13). Aquí simulamos el comportamiento de un líquido que se calienta desde abajo para formar patrones de rollo. El estado inicial es el surgimiento de un rollo. Entonces, de acuerdo con los cálculos de ordenador que se ven en la figura 13 izquierda, se desarrolla un patrón de rollo. Si prescribimos un rollo único diferente para iniciar, surge un modelo completo correspondiente (fig. 13, al medio). Finalmente, si prescribimos que surjan dos rollos, uno un poco más fuerte que el otro, se da una competencia entre los dos patrones de rollo y el más fuerte originalmente ganará la competencia. En términos de la sinergia, lo que pasa es lo siguiente: el estado inicial parcialmente ordenado da un grupo de parámetros de orden. Estos parámetros de orden compiten y el inicialmente más grande gana. Actúa sobre el sistema por el principio de esclavitud y así, a la larga, obliga a todo el sistema a entrar en el estado ordenado correspondiente. En términos más abstractos, podríamos decir que un sistema parcialmente ordenado genera sus correspondientes parámetros de orden que reaccionan con el sistema y lo obligan a entrar en el estado totalmente ordenado. Casi lo mismo sucede en el reconocimiento de patrones. Cuando se dan unos rasgos, generan los parámetros de orden que obligan al sistema a completar todos los rasgos para reconstruir el modelo total. Por ejemplo, si prescribimos, digamos, los ojos y la nariz de una persona, de acuerdo con este proceso se reconstruirá la cara completa.

Para describir nuestro procedimiento más explícitamente, consideremos un grupo de caras fotografiadas (fig. 14). Para procesar estos patrones en un ordenador, ponemos una cuadrícula sobre cada fotografía y atribuimos un valor de gris a cada *pixel*. Los valores de gris describen el patrón almacenado. Entonces almacenamos estos prototipos en el ordenador en forma específica y surge lo siguiente: si ofrecemos un patrón de prueba al ordenador, por ejemplo sólo ojos y nariz, el ordenador tiene que decidir a cuál de las caras almacenadas pertenece este patrón de prueba. Para este fin, concertamos un proceso sinérgico por el cual el patrón de prueba cambia con el tiempo para que final-

mente coincida con el patrón prototipo al que más se parece. Más precisamente, atribuimos un parámetro de orden a cada patrón prototipo. Cuando se ha mostrado un patrón de prueba al ordenador, comienza una competencia entre los parámetros de orden. La dinámica de los parámetros de orden se determina por los llamados parámetros de atención y por los valores iniciales de los parámetros de orden. Resulta que esta dinámica se puede ver como una pelota que rueda hacia abajo en un paisaje (fig. 15). Como consecuencia de esta dinámica, en el tiempo el patrón de prueba original es arrastrado a uno de los patrones prototipo, que entonces se representan por medio de los mínimos del paisaje potencial que se muestra en la figura 15. Se da un ejemplo del proceso de cumplimiento en la figura 16. Nuestro procedimiento resulta muy sensible y permite que el ordenador distinga entre expresiones de cara; se dan ejemplos en la figura 17. Nuestro modelo de ordenador se presta a una interpretación de los procesos que se llevan a cabo en el cerebro mientras percibimos. Parece que percibimos sólo una parte del patrón, es decir, una cara, y entonces completamos las partes que faltan desde nuestra memoria. Así, hasta que reconstruimos el mundo real por algunas de las pistas que tenemos y no por el total del patrón que percibimos.

7. El papel de la atención.

El reconocimiento de patrones ambivalentes

Con una pequeña modificación, el ordenador también puede reconocer caras que han estado cambiadas en la posición en el espacio entre sí. Cuando enseñamos la figura 18 al ordenador, reconoce en primer lugar a la dama del primer plano. Después, ponemos el parámetro de atención para esta dama a cero, sea desde fuera o desde el mismo ordenador. Cuando volvemos a enseñarle el dibujo, el ordenador reconoce al hombre del segundo plano.

Estos hallazgos nos llevan a la idea de que la percepción humana está fuertemente influida por los parámetros de atención. Esta opinión encuentra apoyo en experimentos psicofísicos sobre figuras ambiguas, como la figura 19. Aquí podemos reconocer o la mujer joven mirando a la esquina izquierda al fondo, o la mujer vieja mirando a la esquina derecha del primer plano. No podemos percibir las dos mujeres al mismo tiempo; más bien se produce una oscilación en que pri-

mero vemos a la joven, después a la vieja, después a la joven, después a la vieja, etc. Hace muchas décadas el psicólogo de la *Gestalt* Köhler había sugerido que se puede entender este proceso si suponemos que la atención se satura. Un modelo matemático establecido por Ditzinger y el autor puede explicar muchos rasgos detallados que se hallan en estos experimentos, por ejemplo la duración de la percepción. Creo que es fundamental el papel de la atención en la percepción básica de nuestros alrededores. Podemos imaginar duraciones o cambios de tiempos que varían desde segundos o minutos hasta, posiblemente, muchos años. También podemos hablar de la atención colectiva de los grupos sociales. Después de un tiempo, esta atención se desvía y comienza a percibir otros fenómenos. Eso puede ser verdad hasta en los tópicos que tratan los medios de comunicación. El famoso periodista Walter Lippman acuñó la palabra «estereotipos», es decir, temas específicos que de alguna manera se inventan y se multiplican por los medios masivos hasta que se diluye la atención, y un estereotipo se sustituye por otro. Evidentemente, el efecto psicológico de la atención juega un papel básico en el diseño. Tenemos que tener presente que nuestra manera de mirar el mundo cambia constantemente.

8. Conclusión: de la sinergia a los principios del diseño

La sinergia maneja procesos que llevan a la formación de estructuras o a funciones. Su tema principal es la autoorganización. ¿Cómo se llevan a cabo las estructuras o las funciones por este tipo de procesos? Como ya hemos visto, los principios de la sinergia pueden guiarnos a diseñar nuevos tipos de ordenador, por ejemplo el ordenador sinérgico. Pero podemos ir más allá de estas aplicaciones, podemos considerar el diseño de las ciudades. Las ciudades pueden ser consideradas como organismos enormes, con los cuales realmente comparten muchas propiedades. Se mantiene por un flujo continuo de energía (electricidad) y materiales, desde las materias primas como carbón o petróleo, hasta las más estructuradas como los coches o equipamientos. Se tienen que deshacer de residuos, tienen arterias de circulación como las sanguíneas, tienen que percibir sus alrededores y son percibidas por ellos, tienen sistemas de comunicación como el sistema nervioso, etc. Pero el punto básico es éste: en la Naturaleza,

cada organismo se produce por la autoorganización. En las ciudades, muchas veces nos confiamos en la planificación detallada. ¿Hasta dónde podemos aplicar los principios de la autoorganización a la planificación de las ciudades? Como hemos visto en los múltiples ejemplos que hemos tratado aquí y en otros sitios, la autoorganización cuenta con el establecimiento de parámetros de orden adecuados que, a su vez, se dirigen indirectamente por controles. Así es que la cuestión fundamental en el diseño de las ciudades será: ¿qué restricciones adecuadas tendremos que introducir? Hay todo un repertorio de restricciones de este tipo, por ejemplo sistemas viales, la localización de escuelas o centros comerciales, el precio del suelo, etc. Otro aspecto es: ¿cómo percibimos los humanos nuestro entorno? Tenemos que ser completamente conscientes del hecho de que el entorno no se percibe por motivos objetivos, sino que más bien se basa en nuestra experiencia previa, nuestra atención, nuestras ambiciones, nuestros sentimientos. Eso nos lleva a un tema básico del arte, y, en especial, del arte moderno. Antes, las pinturas tenían como objetivo la reproducción de objetos de la forma más objetiva posible, como una fotografía. El arte moderno se puede interpretar como un intento de autoorganización de las sensaciones del espectador. En el arte moderno, muchas veces parece que solamente se dan unas pistas al observador, que después tiene que construir solo su propia sensación o percepción. También, de acuerdo con el estado interno o la actitud del observador, éste puede construir objetos bastante diferentes en su interior. Creo que el campo de aplicación de los principios de la autoorganización está completamente abierto.

Concluamos, pues, con un comentario sobre el papel de la innovación desde el punto de vista de la sinergia. Como hemos visto repetidamente, para que arranque la autoorganización necesitamos un gatillo, muchas veces en forma de un acontecimiento al azar. Pero entonces el sistema tiene que estar en un estado que permita amplificar ese acontecimiento del azar de acuerdo con las reglas. Esto es, el sistema tiene que estar en el estado inestable que permita los cambios que conducen a nuevos estados; o, en términos más antropomórficos, el sistema tiene que estar preparado para amplificar ese acontecimiento del azar. Eso es igual, según mi opinión, para las innovaciones. Las producen los genios de modo que casi no se pueden predecir y mucho menos planificar. Realmente es un acontecimiento espontáneo. Pero un sistema tiene que estar

preparado para ampliar esta innovación. Ésta puede ser la tragedia de un gran número de innovadores, sean del campo de la ciencia, la tecnología o el arte. Su entorno no fue suficientemente maduro para aceptar sus conceptos geniales. Según mi opinión, se puede inculcar una actitud positiva desde el jardín de la infancia y la escuela. ¡Estad abiertos a todo tipo de ideas nuevas! ¡No os abracéis tanto a las viejas! E intentad comenzar vuestros parámetros de orden en forma de nuevos conceptos, nuevas ideas, construcciones y arte.

Bibliografía

- HAKEN, H. (1981), *Erfolgsgeheimnisse der Natur*, Deutsche Verlanganstalt, Stuttgart; (1984), *Secreto de los éxitos de la Naturaleza*, Editorial Argos Vergara, S. A.
HAKEN, H., y HAKEN-KRELL, M. (1992), *Erfolgsgeheimnisse der Wahrnehmung*, Deutsche Verlanganstalt.